CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION
КОСТЕ РАЦИНА 16б, 11000 БЕОГРАД
САОБРАЋАЈНИ ИНСТИТУТ ЦИП д.о.о.
11000 БЕОГРАД, НЕМАЊИНА 6/IV
тел: 011/3618-134, факс: 011/3618-324,
web site: www.sicip.co.rs

2/3-1.26.2.1 НАСЛОВНА СТРАНА

2/3 ПРОЈЕКАТ ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА

Инвеститор:	„Инфраструктура Железнице Србије“ а.д. Немањина 6/4, Београд
Наручилац:	Конзорцијум фирми: China Railway International Corporation Ltd. China Communication Construction Company Ltd. (CCCC)
Објекат:	Пруга Београд – Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА),** у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци
Врста техничке документације:	**ПГД-** Пројекат за грађевинску дозволу
Назив и ознака дела пројекта:	**2/3-1.26.2 - Денивелација атарског пута – подвожњак на км 156+453.73 пруге- пројекат коловозне конструкције**
За грађење / извођење радова:	Ново градња
Пројектант:	China Railway Design Corporation Serbia Ogranak Beograd Косте Рацина 16б 11000 Београд, Србија
Одговорно лице пројектанта:	Генерални директор: 耿欣 (Генг Ксин)
Потпис:	XIN GENG Digitally signed by XIN GENG DN: c=CN, 2.5.4.97=MB:RS-29507694, 2.5.4.97=VATRS-110796671, o=CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BE, serialNumber=CA:RS-44102, serialNumber=PASCN-PE2112022, sn=GENG, givenName=XIN, cn=XIN GENG Date: 2021.07.20 15:13:36 +02'00'
Одговорни пројектант:	Бојан Ратковић, дипл. грађ. инж. Лиценца број: 315 И00636 19
Потпис:	Bojan Ratković Digitally signed by Bojan Ratković DN: c=RS, serialNumber=CA:RS-28122, serialNumber=PNORS-12039837101 68, sn=Ratković, givenName=Bojan, cn=Bojan Ratković Date: 2021.07.20 15:13:19 +02'00'
Број дела пројекта:	2020-001-ГС-2/3-1.26.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

CeS.TRA

ТЕХНИЧКА КОНТРОЛА ПРОЈЕКТА ЗА ГРАЂЕВИНСКУ ДОЗВОЛУ

2/3.1.26.2 ДЕНИВЕЛАЦИЈА АТАРСКОГ ПУТА – ПОДВОЖЊАК НА КМ 156+453.73 ПРУГЕ – ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Објекта: Пруга Београд - Суботица - државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, на основу Закона о планирању и изградњи („Службени гласник РС” бр. 72/09, 81/09 – исправка, 64/10 – одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13 – одлука УС, 50/13 – одлука УС, 98/13 – одлука УС, 132/14, 145/14, 83/18, 31/19, 37/19 - др. Закон, 9/20 и 52/21) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката (“Службени гласник РС”, бр. 73/2019), извршена је техничка контрола предметне документације, од стране предузећа CESTRA d.o.o. Београд.

ПРОЈЕКАТ СЕ ПРИХВАТА

Вршилац техничке контроле: CESTRA d.o.o,
Макензијева 57, Београд

Број лиценце: 351-02-03374/2020-09 од 18.03.2021.

Одговорно лице/Заступник: Директор:
Драган Милић, дипл.грађ.инж.

Потпис:

Dragan Milić

Digitally signed by Dragan Milić
Date: 2021.07.28 15:40:38 +02'00'

Вршилац техничке контроле: Љиљана Арсеновић, дипл.грађ.инж.

Број лиценце: 315 D173 06

Потпис:

Ljiljana Arsenović 194205653-28099717153 09

Digitally signed by Ljiljana Arsenović 194205653-28099717153 09
Date: 2021.07.20 16:39:36 +02'00'

Број техничке документације: A10312-61/21

Место и датум: Београд, 2021.

2/3-1.26.2.2 САДРЖАЈ

2/3-1.26.2.1.	Насловна страна
2/3-1.26.2.2	Садржај
2/3-1.26.2.3	Решење о одређивању одговорног пројектанта
2/3-1.26.2.4	Изјава одговорног пројектанта
2/3-1.26.2.5	Текстуална документација
2/3-1.26.2.5.1	Пројекат коловозне конструкције

2/3-1.26.2.3 РЕШЕЊЕ О ОДРЕЂИВАЊУ ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

На основу члана 128а, Закона о планирању и изградњи ("Службени гласник РС", бр. 72/09, 81/09-исправка, 64/10- одлука УС, 24/11, 121/12, 42/13-одлука УС, 50/13-одлука УС, 98/13- одлука УС, 132/14, 145/14, 83/2018, 31/2019, 37/2019 - др.закон и 9/2020) и одредби Правилника о садржини, начину и поступку израде и начину вршења контроле техничке документације према класи и намени објеката ("Службени гласник РС", бр. 73/2019) као:

О Д Г О В О Р Н И П Р О Ј Е К Т А Н Т

за израду **ПРОЈЕКТА ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА - 2/3-1.26.2 - Денивелација атарског пута – подвожњак на км 156+453.73 пруге- пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци, одређује се:

Бојан Ратковић, дипл.грађ.инж. _____315 И00636 19

Пројектант:	CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD, Косте Рацина 16б
Одговорно лице/заступник:	Генерални директор: Генг Ксин, дипл.инж.
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/3-1.26.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

2/3-1.26..2.4 ИЗЈАВА ОДГОВОРНОГ ПРОЈЕКТАНТА

Одговорни пројектант **ПРОЈЕКТА ДРУМСКИХ САОБРАЋАЈНИЦА - 2/3-1.26.2 - Денивелација атарског пута – подвожњак на км 156+453.73 пруге- пројекат коловозне конструкције**, који је део ПГД - Пројекта за грађевинску дозволу за изградњу пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), **ДЕОНИЦА ПРУГЕ НОВИ САД - СУБОТИЦА - ДРЖАВНА ГРАНИЦА (КЕЛЕБИЈА)**, у Новом Саду, Кисачу, Степановићеву, Змајеву, Врбасу, Ловћенцу, Малом Иђошу, Бачкој Тополи, Жеднику, Наумовићеву и Суботици, К.О. Нови Сад I, К.О. Нови Сад IV, К.О. Кисач, К.О. Руменка, К.О. Степановићево, К.О. Ченеј, К.О. Бачко Добро Поље, К.О. Врбас, К.О. Врбас - град, К.О. Змајево, К.О. Куцура, К.О. Ловћенац, К.О. Мали Иђош, К.О. Фекетић, К.О. Бачка Топола, К.О. Бачка Топола - Град, К.О. Мали Београд, К.О. Биково, К.О. Доњи Град, К.О. Жедник, К.О. Нови Град, К.О. Палић, К.О. Стари Град, на катастарским парцелама према списку приложеном у Главној свесци:

Бојан Ратковић, дипл. грађ.инж.

И З Ј А В Љ У Ј Е М

1. да је пројекат у свему у складу са издатим Локацијским условима:

-Бр.:ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 06.04.2020,

-Бр.ROP-MSGI-28188-LOCH-4/2020, Заводни број: 350-02-00031/2020-14 од 07.04.2020 - Решење о исправци грешке,

-Бр.:ROP-MSGI-7141-LOC-1/2020, заводни број: 350-02-00109/2020-14 од 08.05.2020 и
-Бр.:ROP-MSGI-931-LOCA-3/2020 Заводни број: 350-02-00192/2020-14 од 29.05.2020,
издатим у МГСИ,

2. да је пројекат израђен у складу са Законом о планирању и изградњи, прописима, стандардима и нормативима из области изградње објеката и правилима струке,

3. да је пројекат у свему у складу са начинима за обезбеђење испуњења основних захтева за објекат прописаних елаборатима и студијама.

Одговорни пројектант:	Бојан Ратковић, дипл. инж. грађ
Број лиценце:	315 И00636 19
	Потпис:
Број техничке документације:	2020-001-ГС-2/3-1.26.2
Место и датум:	Београд, април 2021.

2/3-1.26.2.5 ТЕКСТУАЛНА ДОКУМЕНТАЦИЈА

2/3-1.26.2.5.1 ПРОЈЕКАТ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

САДРЖАЈ

1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ 1
2. МЕТОДОЛОГИЈА 1
3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА 2
4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ 2
5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 3
5.1 Геотехничке карактеристике терена 3
5.2 Хидрогеолошка својства терена 3
5.3 Препоруке за обраду подтла 4
5.4 Анализа решења са употребом геотекстила (нетканог) 5
5.5 Захтеви за постељицу 6
5.6 Анализа саобраћајног оптерећења 6
5.7 Климатски и хидролошки услови 7
6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ 8
6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза 9
6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина 9
6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата 9
6.4 Застор (завршни слој) од невезаног дробљеног каменог агрегата 9
6.5 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева 10
6.6 Дефинисање прелиминарних решења 11
7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ 12
7.1 Анализа коловозне конструкције са аспекта дубине продирања мраза 16
8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ 18

1. ОПИС ПРОБЛЕМА И ЦИЉ АНАЛИЗЕ

ГП "CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA" Огранак Београд је као један од Извођача радова на реконструкцији и изградњи двоколосечне пруге Београд-Будимпешта (Коридор Xb). Пруга Београд-Суботица-државна граница (Келебија), представља део пруге Београд-Будимпешта на територији Републике Србије.

Планираном реконструкцијом пруге, а у складу са рангом пруге и важећим прописима (реконструкцијом, модернизацијом и изградњом двоколосечне пруге за брзину до 200 km/h), неопходно је извршити раздвајање друмског и железничког саобраћаја у зони укрштаја ван нивоа коловосека, изградњом објекта друмске денивелације (надвожњака и подво), у циљу обезбеђивања саобраћајне безбедности свих учесника у саобраћају.

Таквим приступом потребно је дефинисати решења флексибилних коловозних конструкција денивелација (надвожњака и подвожњака) са асфалтним застором и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата која би се прилагодила будућим експлоатационим условима (20 године).

Предмет овог пројекта за грађевинску дозволу (ПГД) је димензионисање нове флексибилне коловозне конструкције денивелације атарског пута испод колосека (поддвожњак), на стационажи km 156+453.73 пруге.

Атарски пут је намењен пољопривредној механизацији током сезоне извођења радова, док је основна намена сервисног пута повремени прелаз путничких и комуналних возила.

2. МЕТОДОЛОГИЈА

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-a.

3. ЗАХТЕВИ ПРОЈЕКТНОГ ЗАДАТКА

Предметни Пројектни задатак меродаван је када су у питању захтеви Инвеститора у вези са жељеним квалитетом. Пројектант се упућује на коришћење релевантне техничке докуметације која је у вези са локацијом предметног укрштаја и то:

- Идејни пројекат модернизације (ИДП), реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), денивелисани укрштаји и девијације постојећих путева, књига 2/3-2. Пројекат коловозне конструкције, који је урадио је Саобраћајни Институт ЦИП д.о.о. 2020. године,

- Модернизација, реконструкције и изградње пруге Београд - Суботица државна граница (Келебија), деоница пруге Нови Сад - Суботица - државна граница (Келебија), Студија геотехничких истраживања и лабораторијских испитивања, коју је урадила фирма "Геомеханика" д.о.о. из Новог Сада, 2020. године (Инвеститор "CRDC").

Када су у питању захтеви Инвеститора, поред Пројектног задатка и наведене техничке документације, а у складу са предметним укрштајем, неоходно је уважити и обавезујуће закључке Републичке ревизионе комисије и то:

- На саобраћајним површинама са макадамским коловозом, коловозни застор затворити и учврстити ситнијом фракцијом

4. ПРИМЕЊЕНИ СТАНДАРДИ И РАЧУНАРСКИ ПРОГРАМИ

При изради појединих делова ове документације примењени су следећи стандарди:

SRPS U.C4.011/1990	-	Техничка документација. Пројекат коловозне конструкције
SRPS U.C4.010/1981	-	Одређивање укупног еквивалентног саобраћајног оптерећења
SRPS U.C4.015/1994	-	Димензионасање нових флексибилних коловозних конструкција
SRPS U.C4.016/1981	-	Климатски и хидролошки услови
SRPS U.B9.012/1981	-	Процена осетљивости коловозне на дејство мраза и техничке мере за спречавање оштећености
SRPS U.E1.010/1981	-	Земљани радови на изградњи путева- Технички услови за извршење
SRPS U.E1.012/1981	-	Осетљивост материјала-тла на дејство мраза
SRPS U.E4.014/1990	-	Израда хабајућег слоја од асфалтних бетона по врућем поступку- Технички услови
SRPS U.E8.010/1981	-	Носивост и равност на нивоу постељице
SRPS U.E9.020/1966	-	Класичне и савремене подлоге за путеве -Технички услови
SRPS U.E9.021/1986	-	Израда горњих носећих слојева од битуменизираног материјала по врућем поступку- Технички услови

као и следећи рачунарски програми:

• Обрада текста	WORD
• Анализа података	EXCEL
• Анализа напона и деформација	BISAR i BANDS 2 / 1998
• Цртежи	AutoCad 2004

5. АНАЛИЗА УТИЦАЈНИХ ФАКТОРА КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

Анализирани су следећи утицајни фактори:

Коловозна конструкција

- Геотехничке карактеристике терена - Геотехнички елаборат
- Хидрогеолошка својства терена
- Препоруке за обраду подтла
- Земљани труп (насип) - расположиви материјали и носивост

Очекивани експлоатациони услови

- будуће саобраћајно оптерећење
- климатки услови

5.1 Геотехничке карактеристике терена

За потребе израде пројектне документације, извршена су геотехничка истраживања унутар локације будућег денивелисаног укршатаја (надвожњака). Из слојева подтла урађена су потребна лабораторијска испитивања у циљу дефинисања физичко-механичких карактеристика евидентираних материјала.

Хумифицирано тло - Површински слој, органогени са присуством биљака и корења биљака. Неповољних карактеристика са аспекта дозвољеног оптерећење и реализације секундарних напона, па га стога не треба ангажовати као подтло коловозне конструкције (насипа) већ уклонити и заменити квалитетним материјалом. Дебљине 0.7m (просечно).

Глиновита прашина - Непосредно испод хумсног слоја, на целокупном истражном простору као подтло, појављује се глиновита прашина глина слабо песковита, жуте до смеђе боје. Средње меде до тврде консистенције, ниско до средње пластичности.

По USCS класификацији материјал спада у групу CI (средње пластична глина). Предметни материјал у подтлу је осетљив на промену присуства воде. На основу свега наведеног закључујемо да је предметни материјал у подтлу лоших карактеристика носивости. У условима када се изградња и обрада завршних слојева обавља при стању повишене влаге није могуће обезбедити добру збијеност и носивост у време градње.

Ради провере осетљивости на дејство мраза локалног материјала у постељици одређена је осетљивост материјала на дејство мраза (према стандарду SRPS U.E1.012). На основу параметара индекса пластичности и учешћа честица мањих од 0.02 mm (у % масе), добијених геомеханичким испитивањима закључује материјал од кога се састоји постељица спада у категорију материјала Г4 (врло осетљив на дејство мраза).

5.2 Хидрогеолошка својства терена

Изведеним истраживањима на предметном простору, констатована подземна вода са нивоом од НПВ=6.0 – 8.1m.

5.3 Препоруке за обраду подтла

На предметној локацији нова коловозна конструкција будуће саобраћајнице положена је усеку (подтлу). Постојећи материјал у подтлу представља неусловно потло за изградњу саобраћајнице и препоручује се његова замена квалитетнијим материјалом. Неопходно је извршити најпре откоп, тј. уклањање површинског слоја хумуса дебљине просечно 0.7m. По уклањању површинског слоја тло се доводи у стање влажности која омогућује проходност грађевинских машина и оптималне услове збијања. Пројектом се превиђа механичка стабилизација материјала (збијање) у подтлу.

Збијање тла се врши по претходно изравнатој површини терена. На површинама у којима се врши збијање и обрада подтла мора се осигурати адекватно одводњавање. При припреми подтла предметне саобраћајнице, збијеност подтла од земљаног ситнозрног (кохерентног) мора бити Sz=98% од максималне суве запреминске тежине, одређене стандардним Проктор-овим поступком.

Како на местима где су саобраћајнице у усеку (терену) постоји ризик од инфилтрације воде у дужем временском периоду, тако постоји и ризик од опадања носивости у дужем временском периоду. Тада је неопходно извршити допунске радове на унапређену носивости (употреба геотекстила - нетканог).

Привремена вредност носивост или носивост завршног слоја земљаног трупа (подтла) након збијања добијена током градње (контролисана опитом плочом према немачкој методи) исказана модулом деформабилности износи E_{V2}≥35MPa (E_{V2}/E_{V1}≤2.4). Међутим, трајна (пројектована) вредност носивости исказана модулом деформације износи E_{V2}≥25MPa.

5.4 Анализа решења са употребом геотекстила (нетканог)

Узимајући у обзир горе наведено, као и због еколошког аспекта (смањења употребе шљунковитог материјала у постељици), пројектант се одлучио за примену геотекстилних материјала на контакту између земљаног трупа (подтло) и слоја од природно песковито шљунковитог агрегата и то:

- **Геотекстил (неткани)**

Применом геотекстила (нетканог) на контакту између подтла и слоја замењен постељице од природно песковито шљунковитог агрегата спречавамо продирање финих честица из глиновите подлоге у слој замењене постељице уз равномерно одводњавање и капиларно подизање воде (сепарација и филтрација). Такође део вертикалног оптерећења преноси на влакна геотекстила у хоризонталном смислу, па за резултат имамо смањења притиска на подлогу и повећање модула деформабилности на тако припремљеном слоју. Неткани геотекстил треба да испуни следећа механичка и хидрауличка својства:

Табела 1: Геотекстил механичка и хидрауличка својства

Својства	Јединица мере	Минимални захтеви	Поступак за испитивање
Механичка својства			
чврстоћа при затезању попречно /уздужно	kN/m	>15	EN ISO 10319
деформација при кидању попречно /уздужно	%	>30	EN ISO 10319
Отпорност на пробод (CBR)	N	>2000	EN ISO 12236
Хидраулична својства			
коефицијент пропусности при 20 kPa	m/s	>10 $k_{земље}$	E DIN 60 500-4

5.5 Захтеви за постељицу

Постељица се пројектује на завршном слоју земљаног трупа (усека), као посебан слој између земљаног трупа и коловозне конструкције. Два основна полазна захтева које овај завршни слој земљаних радова треба да испуни су:

- обезбеђење добрих услова грађења самог слоја постељице и наредних слојева коловозне конструкције (краткорочни захтев) и

- потребан ниво квалитета и трајно механичко функционисање постељице током целокупног периода експлоатације сходно предвиђеном пројектном решењу (дугорочни захтев)

Могућа решења израде слоја постељице (у складу са расположивм локалним материјалима) су следећа:

- **израда постељице од рефулисаног или мајданског песка (из позајмишта). Песак мора бити ослобођен присуства глиновитих честица**

Физичко-механичка својства материјала (песка), дефинисани су у Геотехничком елаборату а у складу са предложеним нагибима косина дефинисаним у Идејном пројекту (ИДП).

Привремена и трајна вредност носивост или носивост завршног слоја постељице од рефулисаног песка минималне дебљине dmin=30cm (преко нетканог геотекстила), добијена током градње (контролисана опитом плочом према немачкој методи) исказана модулом деформабилности која уједно чини и критеријум за доказивање квалитета изведеног слоја је E_{V2}≥50MPa, а однос E_{V2}/E_{V1} ≤ 2.4.

5.6 Анализа саобраћајног оптерећења

Подаци о достигнутим саобраћајним токовима и подаци о очекиваним саобраћајним токовима у планираном периоду експлоатације на предметној саобраћајници (атарски пут) нису доступни. У складу са напред изнетим, меродавно саобраћајно оптерећење од 80kN коришћено у прорачуну коловозне конструкције за експлоатациони период од 20 година усвојено је Идејног пројекта коловозне конструкције (ИДП) и оно износи:

$$ECO_{20\ година} = 0.5 \times 10^6 \text{ стандардних осовина од 80 kN}$$

Овакво саобраћајно оптерећење спада у **категорију лаког саобраћајног оптерећења** (према стандарду SRPS U.C4.010). **Наведена вредност служи као основа за даљу анализу.**

5.7 Климатски и хидролошки услови

Меродавне температуре ваздуха и асфалтних слојева

За сагледавање климатских услова, искоришћени су подаци о средњим месечним температурама ваздуха града Новог Сада и његове околине. Средње месечне температура ваздуха и асфалтних слојева за метеоролошку станицу Нови Сад за годишњи период од 1990-2019[1] приказане су:

Табела 2: Средње месечна температуре ваздуха – Нови Сад

Јан.	Феб.	Март	Апр.	Мај	Јун	Јул	Авг.	Сеп.	Окт.	Нов.	Дец.
0.7	2.2	6.7	12.3	17.5	20.8	22.4	22.0	16.8	11.9	6.8	1.6

Меродавна годишња температура ваздуха одређена по методи Shell лабораторије износи **w-MAAT=15.3°C,** а ефективна годишња температура асфалтних слојева је **Teff=22.2 °C**.

Референтни индекс мраза

Подаци о дубини дејства мраза (индекса мраза) у природном тлу и коловозним конструкцијама преузети су из Публикације о вредностима индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији[2].

Подаци о индексу мраза усвојени су за најближу метеоролошку станицу (Нови Сад). Како су подаци за Нови Сад и околину, а предметна саобраћајница је ван утицаја града претпоставља се да је период дана са дневним температурама испод нуле нешто дужи, **усвојени (референтни) индекс мраза за 20-то годишњи пројектни период износи:**

IR=180^{0}Схдана

[1] *Метереолошки годишњак, Климатолошки подаци 1990-2019, Република Србија-Републички хидрометеоролошки завод*
[2] *Вредности индекса мраза за главне метереолошке станице у Србији у периоду 1992 – 2014 година, Михајловић, Н., Младеновић, Г. Пут и саобраћај, LXII/2016.*

6. ДИМЕНЗИОНИСАЊЕ КОЛОВОЗНЕ КОНСТРУКЦИЈЕ

У захтевима Пројектног задатка је дефинисано да се за анализиране експлоатационе услове и пројектни период, извршиће пројектовање следећих коловозних конструкција на локацији денивелисаног укрштаја испод колосека пруге и то:

- Флексибилна коловозне конструкције атарског пута - Коловозна конструкција са застором од асфалт бетона и носећим слојем од невезаног дробљеног каменог агрегата.

Димензионисање нове коловозне конструкције и прорачун трајности референтних носећих слојева, обављено је поређењем хоризонталне дилатације затезања у доњем влакну асфалтног слоја, односно вертикалне дилатације притиска на постељици, добијене прорачуном вишеслојног еластичног система за случај коловозних конструкција за које важи претпоставка да су слојеви хомогени и изотропни у хоризонталном правцу у сваком слоју (програм "BISAR-Shell"), са дозвољеном вредности хоризонталне и вертикалне дилатације у складу са методом Shell-a[3].

Полазећи од:

- резултата анализа деструктивног утицаја прогнозираног саобраћајног оптерећења исказаног укупним бројем еквивалентних стандардних осовина и њихове агресивности за сваку врсту примењеног материјала у појединим слојевима и постељици

- референтних вредности фундаменталних механичких својстава (модул, замор) пројектованих материјала у сваком од слојева коловозне конструкције

- референтних климарских параметара.

Полазне претпоставке су:

- Постељица је од природно шљунковито-песковитог агрегата 0/63mm дебљине d=30cm. Пројектована (трајна) вредност носивости изражена преко еластичног модула хомогеног полупростора је E=50MPa.

- Дебљине асфалтни слојева установљене су технолошким дебљинама асфалт бетона и битуменизираног носећег слоја.

[3] *Shell Pavement Design Manual, Shell International Petroleum Company Ltd, London, 1978.*

6.1 Материјали и мешавине за израду нових слојева коловоза

За израду слојева флексибилне коловозне конструкције, сходно саобраћајном оптерећењу и стандардима SRPS EN 933-1 и SRPS EN 13285 могуће је применити следеће слојеве:

- Доњи носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63 mm за пројектне дебљине слоја 20 - 30 cm
- Носећи слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm за пројектне дебљине слоја 12 - 25 cm
- Битуменска мешавина за носећи слој БНС 22А
- Битуменска мешавина за хабајући слој АБ11

6.2 Носећи и хабајући слојеви од асфалтних мешавина

Модули еластичности за нове асфалтне слојеве од класичних мешавина дефинисани су за просечни састав асфалтне мешавине дефинисан стандардима, као и досадашњом инжењерском праксом а у складу са методом Shell лабораторије за меродавну температуру у асфалтном слоју од 22°C и брзине кретања 40km/h. Потребно је користити класичан путни битумен BiT 50/70 у носећем слоју и хабајућем слоју.

Вредности модула еластичности-крутости класичних асфалтних мешавина су **$E_{АБ11}$=3600MPa за хабајући слој од асфалт бетона АБ 11** (Поасонов коефицијент ν=0.35) и **$E_{БНС22}$=4900MPa за битуменизирани носећи слој БНС 22А** (Поасонов коефицијент ν=0.35).

6.3 Подлога од дробљеног каменог агрегата

Модул еластичности/повратни модул подлоге од невезаног каменог материјала је функција врсте каменог материјала, дебљине слоја H_i и модула еластичности постељице E_0:

$$E_u = 0.20 \cdot H_i^{0.45} \cdot E_0 \text{ и } 2 < E_i / E_{i+1} < 4,$$ Поасонов коефицијент ν=0.40

6.4 Застор (завршни слој) од невезаног дробљеног каменог агрегата

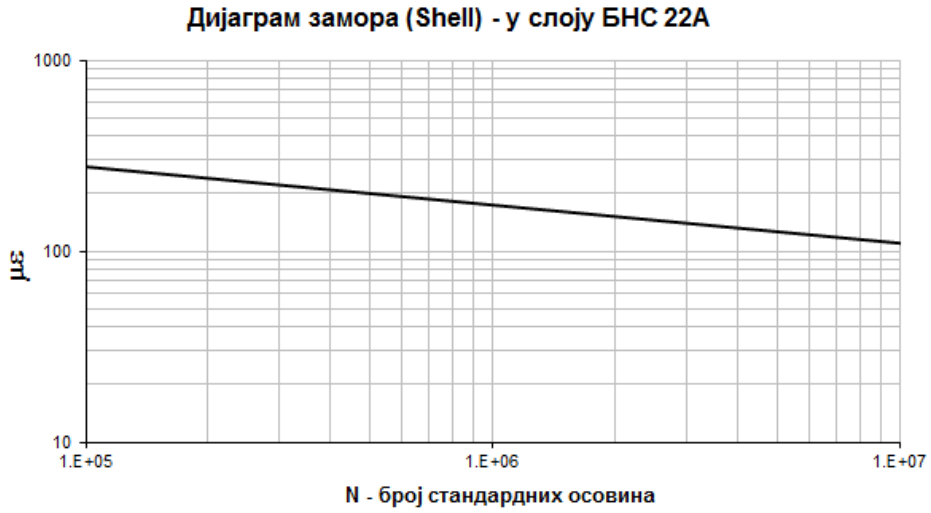
У складу са закључком Републичке ревизионе комисије на некатегорисаним сервисним путевима пројектује се застор (завршни слој) од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/8 mm (са више од 50% (m/m) дробљених зрна је CBR>80 %), у дебљини слоја од 3 cm у (свему према SRPS EN 13242:2010), из разлога површинског укрућивања слоја од дробљеног каменог агрегата 0/31 mm.

6.5 Прорачун дозвољене деформације материјала меродавних слојева на дејство поновљеног оптерећења

Носећи слој од битуменизираног агрегата

За носећи слој од битуменизираног агрегата (БНС) коришћен је закон замора по решењу SHELL лабораторије следеће параметре мечавине БНС 22А и експлоатационе услове саобраћајног оптерећења:

- Модул меродавног слоја E = 4900MPa
- Саобраћајно оптерећење $ECO_{мер_20год}$ = 0.5 x 10^6 ст.осовина од 80 kN
- Запреминско учешће битумена у мешавини Vb = 8.4%



Слика 1: Дијаграм замора БНС-а слоја према Shell-u

па дозвољена деформација (хоризонтална дилатација) на дну слоја БНС 22А, према једначини за замор асфалтне мешавине по моделу SHELL лабораторије износи:

$$\varepsilon_{доз\text{-}бнс} = 195\ \mu\varepsilon$$

6.6 Дефинисање прелиминарних решења

На основу урађених анализа дато је прелиминарна решење флексибилне коловозне конструкције денивелације атарског пута испод колосека (подвожњак), на стационажи km 156+453.73.

Нова флексибилна коловозна конструкција – атарски пут

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса)
- постављање нетканог геотекстила
- постељица од рефулисаног (мајданског) песка d = 30 cm

Израда нових слојева коловозне конструкције

- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/63mm d = 20 cm
- слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/31mm d= 15 cm
- слој од БНС 22А (ВіТ 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ11 (ВіТ 50/70) d = 4 cm

7. АНАЛИЗА ПОНАШАЊА КОНСТРУКЦИЈЕ У ЕКСПЛОАТАЦИЈИ

За претпостављено решења извршена је напонско деформацијска анализа помоћу програма "BISAR-Shell". Основни критеријум за димензионисање је хоризонтална дилатација затезање у доњем влакну битуменом везаних слојева ($\varepsilon_{бнс}$), односно вертикалне дилатације притиска на постељици ($\varepsilon_{пост}$). Прекорачење $\varepsilon_{бнс}$ изазива пукотине у битуменом везаним слојевима, док прекорачење $\varepsilon_{пост}$ изазива трајне деформације услед преоптерећења постељице. Дебљине и параметризација слојева нове коловозне конструкције, извршени су у складу са усвојеним карактеристикама материјала и прелиминарним решењем приказаним у претходним тачкама. Параметри вишеслојног еластичног система су следећи:

Табела 3: Параметри вишеслојног еластичног система

Атарски пут Нова флексибилна коловозна конструкција са асфалтним застором			
d (cm)	**Слој**	**E(MPa)**	**ν**
4	АБ 11	3600	0.35
6	БНС 22 А	4900	0.35
15	Дробљени невезани камени агрегат 0/31 mm	260	0.40
20	Дробљени невезани камени агрегат 0/63 mm	120	0.40
	Постељица (насип) од песка	50	0.40

Прорачун је извршен за оптерећење од стандардне осовине од 80 kN које се преноси у 4 тачке, у складу са карактеристикама оптерећења стандардне осовине (два точка са оптерећењем од 20 kN сваки). Резултати прорачуна приказани су на сликама и у табели:

BISAR 3.0 - Block Report

Denivelisani ukrstaji _Pruga NS - SU

System 1: Atarski put - fleksibilna kolovozna konstrukcija za asfaltnim zastorom

Structure

Layer Number	Thickness (m)	Modulus of Elasticity (MPa)	Poisson's Ratio
1	0.040	3.500E+03	0.35
2	0.060	4.500E+03	0.35
3	0.150	2.600E+02	0.40
4	0.200	1.200E+02	0.40
5		5.000E+01	0.40

Loads

Load Number	Vertical Load (kN)	Vertical Stress (MPa)	Horizontal (Shear) Load (kN)	Horizontal (Shear) Stress (MPa)	Radius (m)	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Shear Angle (Degrees)
1	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	-1.575E-01	0.000E+00
2	2.000E+01	5.774E-01	0.000E+00	0.000E+00	1.050E-01	0.000E+00	1.575E-01	0.000E+00

Position Number	Layer Number	X-Coord (m)	Y-Coord (m)	Depth (m)	Stresses XX (MPa)	Stresses YY (MPa)	Stresses ZZ (MPa)	Strains XX µstrain	Strains YY µstrain	Strains ZZ µstrain	Displacements UX (µm)	Displacements UY (µm)	Displacements UZ (µm)
1	1	0.000E+00	0.000E+00	4.000E-02	-3.587E-01	-3.271E-01	-3.275E-02	-6.651E+01	-5.430E+01	5.922E+01	0.000E+00	0.000E+00	6.319E+02
2	1	0.000E+00	-1.575E-01	4.000E-02	-5.458E-01	-4.903E-01	-4.570E-01	-6.122E+01	-3.981E+01	-2.696E+01	0.000E+00	6.507E+00	6.200E+02
3	2	0.000E+00	0.000E+00	1.000E-01	1.068E+00	3.772E-01	-1.133E-01	2.168E+02	9.565E+00	-1.376E+02	0.000E+00	0.000E+00	6.293E+02
4	2	0.000E+00	-1.575E-01	1.000E-01	1.355E+00	1.110E+00	-1.503E-01	2.264E+02	1.529E+02	-2.251E+02	0.000E+00	-1.355E+01	6.134E+02
5	3	0.000E+00	0.000E+00	2.500E-01	7.202E-02	5.302E-02	-6.066E-02	2.888E+02	1.864E+02	-4.257E+02	0.000E+00	0.000E+00	5.714E+02
6	3	0.000E+00	-1.575E-01	2.500E-01	6.766E-02	5.135E-02	-5.737E-02	2.695E+02	1.817E+02	-4.037E+02	0.000E+00	-2.966E+01	5.496E+02
7	4	0.000E+00	0.000E+00	4.500E-01	3.020E-02	2.664E-02	-2.866E-02	2.584E+02	2.169E+02	-4.284E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.797E+02
8	4	0.000E+00	-1.575E-01	4.500E-01	2.798E-02	2.327E-02	-2.662E-02	2.444E+02	1.894E+02	-3.927E+02	0.000E+00	-3.272E+01	4.650E+02
9	5	0.000E+00	0.000E+00	4.500E-01	1.438E-03	-4.540E-05	-2.866E-02	2.584E+02	2.169E+02	-5.844E+02	0.000E+00	0.000E+00	4.797E+02
10	5	0.000E+00	-1.575E-01	4.500E-01	1.308E-03	-6.550E-04	-2.662E-02	2.443E+02	1.894E+02	-5.376E+02	0.000E+00	-3.272E+01	4.650E+02

CHINA RAILWAY DESIGN CORPORATION SERBIA OGRANAK BEOGRAD
Косте Рацина 166, 11000 Београд, Србија

Слика 2: Прорачун напона и дилатација, локални пут – оптерећење ст.осовине од 80kN

Прорачуном напона и дилатација утврђена је дилатација затезања савијањем у доњем влакну битуменом везаним слојевима (БНС 22А). Дилатација затезања на дну асфалтног слоја под утицајем половине стандардне осовине од 80kN износи ε_{xx}=226μstrain, што одговара за $0.24x10^6$ прелаза стандардних осовина од 80 kN, за ниво поузданости од 95%.

Из претходног следи да, имајући у виду пројектовано саобраћајно оптерећење од $0.5x10^6$ стандардних осовина од 80 kN, пројектована коловозна конструкција локалног пута задовољава у погледу трајности (коректно димензионисана).

7.1 Анализа коловозне конструкције са аспекта дубине продирања мраза

Утицај мраза не сме утицати на смањење пројектног века коловозне конструкције, било да се ради о оштећењу коловоне конструкције директно као последица стварања ледених сочива или као последица смањења носивости постељице које је изазвано крављењем коловоза у пролетном периоду. Због тога се прорачун утицаја мраза на основној траси спроводи методом развијеном од стране француског истраживачког центра "LCPC-GEL1D".

Ова метода заснива се на међусобном поређењу референтне вредности атмосферског индекса мраза **IR** и атмосферског индекса мраза које пројектована конструкција може без оштетећења поднети **IA**. Овај индекс срачунат је у функцији осетљивости примењених материјала у постељици, термичке заштите коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције и њеног механичког понашања.

Закључак о осетљивости конструкције на мраз доноси се провером услова да је:

$$IA > IR$$

Прорачун дозвољеног индекса IA заснива се на познавању следећих параметара:

- Термичка заштита постељице и тла, дефинисана као количина мраза Qng коју обезбеђују слојеви коловозне конструкције неосетљиви на мраз
- Количина мраза Qg којој се дозвољава преношење у слојеве постељице, уз услов прихватања бубрења од 5 mm
- Количина мраза Qm добијена из анализе механичког понашања коловозне конструкције срачунатог за услов ограничног оштећења конструкције у периоду крављења, односно продора одређене количине мраза у постељицу.

Збир ове три вредности дефинише дозвољену количину мраза на нивоу постељице Q_{PF}

$$Q_{PF} = Qng + Qg + Qm$$

- Прорачун термичка заштита постељицеод коловозне конструкције (помоћу програма Alize GEL) даје индекс мраза на површини коловоза IS.
- Прорачун атмосферског (дозвољеног) индекса мраза IA = f (IS).

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције извршена је провера пројектованих коловозне конструкција на мраз (подтло од нископластичне глине, средње до високе осетљивости на мраз).

Потребни термички коефицијенти и параметри за проверу коловозне конструкције на штетно дејство мраза (за случај SGt) приказани су у табели.

Табела 4: Термичке карактеристике материјала у коловозној конструкцији

Материјал	H (cm)	ρ (kg/m^3)	W (%)	λng (w/m.^{0}C)	λg (w/m.^{0}C)	ai	bi
						(^{0}C.дан)$^{1/2}$/cm	
Асфалт бетон	4	2350	1	2.00	2.10	0.008	0.06
Бит.носећи слој	6	2350	1	1.90	1.90	0.008	0.06
Дробљени камен	35	2200	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Песак	30	1850	4	1.80	2.00	0.008	0.10
Постељица: Глиновита прашина		1300	32	1.10	2.00		

Количина мраза Qg за слој глиновите прашине високе осетљивости на мраз, за усвојене нагиба материјала p_{SGt}=0.40mm/(^{0}Схчас)$^{1/2}$износи:

$$\mathbf{Qg = 2.5\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Количина мраза Qm добијена анализом механичког понашања коловозне конструкцијеза услов ограничног оштећења конструкције и дебљине везаних слојева h_n<20cm износи:

$$\mathbf{Qm = 0\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Дозвољена количина мраза на нивоу постељицеQ_{PF}износи:

$$\mathbf{Q_{PF} = Qng + Qg + Qm = 2.5\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Сходно пројектном решењу коловозне конструкције и приказаним термичким карактеристикама за усвојене материјале добијамо индекс мраза на површини коловоза IS.

$$\mathbf{IS = 11.10\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

па вредност атмосферског индекса мраза IA срачуната помоћу програма Alize GEL износи:

$$\mathbf{IA = 186\ (^0Cхдан)^{1/2} > IR = 180\ (^0Cхдан)^{1/2}}$$

Из претходног следи да, пројектована коловозна конструкција, за срачунате утицаје, није осетљива на дејство мраза.

8. ПРОЈЕКТНО РЕШЕЊЕ

Решење је засновано на експлоатационим условима, односно на резултатима анализа и прорачуна приказаним у претходним тачкама ове пројектне документације. На основу урађених анализа, дато је пројектно решење флексибилне коловозне конструкције денивелације атарског пута, испод колосека (подвожњак), на стационажи km 156+453.73, односно сервисног пута и то:

Нова флексибилна коловозна конструкција – атарски (приступни) пут

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 100 cm
- припрема (збијањем) подтла (E_{V2}≥35MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила (сепарација и филтрација)
- замењена постељица од рефулисаног (мајданског) песка (E_{V2}≥50MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥35MPa) d = 30 cm

Израда нових слојева коловозне конструкције

- невезани дробљени камен 0/63mm (E_{V2}≥90MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥65MPa) d = 20 cm
- невезани дробљени камен 0/31mm (E_{V2}≥120MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥85MPa) d = 15 cm
- слој од БНС 22А (БiТ 50/70) d= 6 cm
- хабајући слој од АБ 11 (БiТ 50/70) d = 4 cm

Нова флексибилна коловозна конструкција – сервисни пут

Припремни радови

- уклањање површинског слоја терена (хумуса) d = 100 cm
- припрема (збијањем) подтла (E_{V2}≥35MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥25MPa)
- постављање нетканог геотекстила (сепарација и филтрација)
- замењена постељица од рефулисаног (мајданског) песка (E_{V2}≥50MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥35MPa) d = 30 cm

Израда нових слојева коловозне конструкције

- невезани дробљени камен 0/63mm (E_{V2}≥80MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥25MPa) d = 25cm
- невезани дробљени камен 0/31mm (E_{V2}≥100MPa, E_{V2}/E_{V1}≤2.4, Ms≥55MPa) d = 15 cm
- завршни слој од невезаног дробљеног каменог агрегата 0/8mm d= 3 cm

Напомена 1: Пројектним решењем се предвиђа постављање Геотекстила (нетканог) на контакту између глиновитог подтла и постељице од рефулисаног (мајданског) песка.